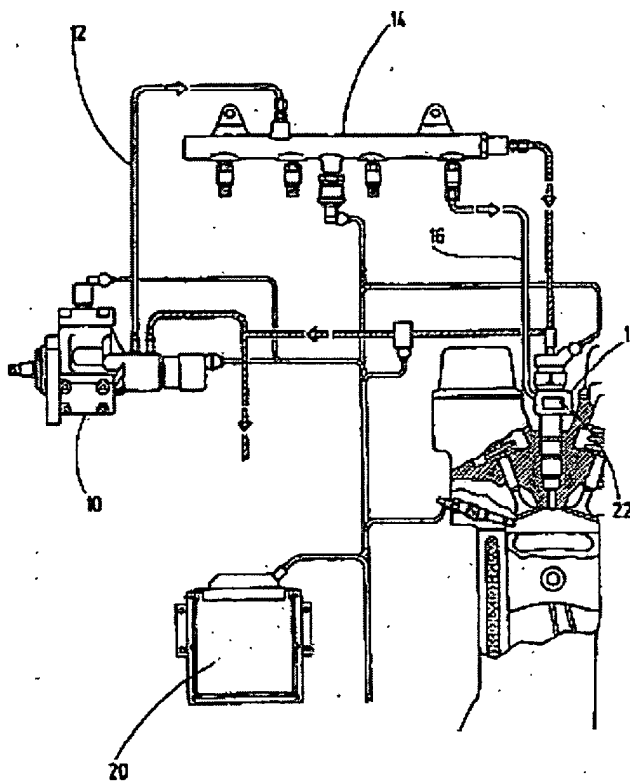


**Injection behavior correction system for at least one fuel injector in engine determines information by comparing demand values with actual values at several test points for at least one injector**

**Patent number:** DE10215610  
**Publication date:** 2002-10-17  
**Inventor:** KLOPPENBURG ERNST (DE); KUEGEL PETER (DE);  
VEIT GUENTER (DE)  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- **International:** F02D41/38  
- **European:** F02D41/24A, F02D41/24D2D, F02D41/24D4B,  
F02M61/16, F02M63/02C, F02M65/00  
**Application number:** DE20021015610 20020409  
**Priority number(s):** DE20021015610 20020409; DE20011017810 20010410

**Abstract of DE10215610**

The system has a device (22) for storing information regarding at least one injector (18) and an arrangement (20) for controlling at least one injector taking into account the stored information. The information is determined by comparing demand values with actual values at several test points for at least one injector and related to the injectors. AN Independent claim is also included for the following: a method of correcting injection behavior of at least one injector.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**Best Available Copy**



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**  
①⑩ **DE 102 15 610 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**F 02 D 41/38**

②① Aktenzeichen: 102 15 610.7  
②② Anmeldetag: 9. 4. 2002  
④③ Offenlegungstag: 17. 10. 2002

DE 102 15 610 A 1

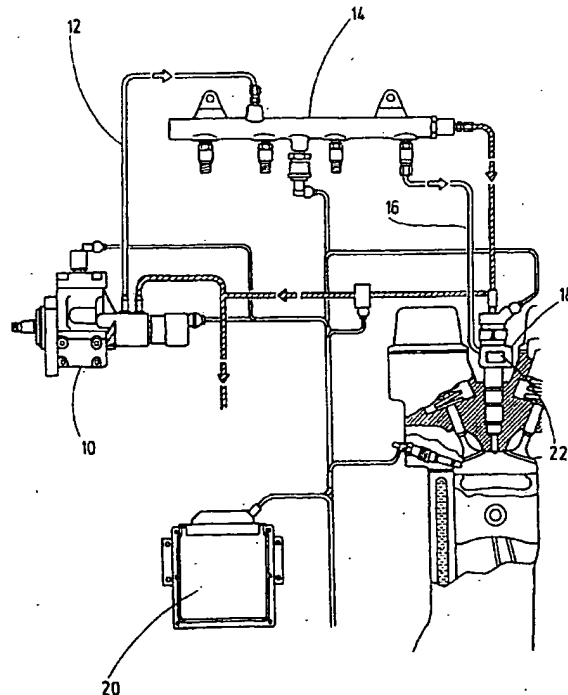
⑥⑥ Innere Priorität:  
101 17 810. 7 10. 04. 2001  
⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Kuegel, Peter, 35586 Wetzlar, DE; Veit, Günter,  
73207 Plochingen, DE; Kloppenburg, Ernst, 70435  
Stuttgart, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ System und Verfahren zum Korrigieren des Einspritzverhaltens von mindestens einem Injektor

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zum Korrigieren des Einspritzverhaltens von mindestens einem Injektor, mit einer Einrichtung (22) zum Speichern von Informationen (18) und einem Mittel (20) zum Steuern des mindestens einen Injektors (18) unter Berücksichtigung der gespeicherten Informationen.  
Es ist vorgesehen, dass die Informationen durch Vergleichen von Soll-Werten mit Ist-Werten individuell an mehreren Prüfpunkten (P) mindestens eines Injektors (18) ermittelt werden und bezogen sind.



DE 102 15 610 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System zum Korrigieren des Einspritzverhaltens von mindestens einem Injektor mit einer Einrichtung zum Speichern von Informationen über den mindestens einen Injektor und Mitteln zum Steuern des mindestens einen Injektors unter Berücksichtigung der gespeicherten Informationen. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Korrigieren des Einspritzverhaltens von mindestens einem Injektor mit den Schritten: Speichern von Informationen über den mindestens einen Injektor und Steuern des mindestens einen Injektors unter Berücksichtigung der gespeicherten Informationen.

## Stand der Technik

[0002] Elektrisch getriebene Injektoren zur Einspritzung von Kraftstoff werden beispielsweise im Rahmen von Common-Rail-Systemen verwendet. Bei der Speichereinspritzung "Common-Rail" sind Druckerzeugung und Einspritzung entkoppelt. Der Einspritzdruck wird unabhängig von der Motordrehzahl und der Einspritzmenge erzeugt und steht im "Rail" für die Einspritzung bereit. Einspritzzeitpunkt und -menge werden im elektronischen Motor-Steuergerät berechnet und von einem Injektor an jedem Motorzylinder über ein ferngesteuertes Ventil umgesetzt.

[0003] Derartige Injektoren besitzen aufgrund ihrer mechanischen Fertigungstoleranzen unterschiedliche Mengen-kennfelder. Unter einem Mengen-kennfeld ist die Beziehung zwischen Einspritzmenge, Raildruck und Ansteuerzeit zu verstehen. Dies hat zur Folge, dass trotz elektrisch definierter Steuerung jeder einzelne Injektor den Verbrennungsraum mit unterschiedlichen Mengen an Kraftstoff füllt.

[0004] Um einen möglichst geringen Kraftstoffverbrauch unter Einhaltung strenger Abgasnormen und eine sehr gute Laufruhe zu erreichen, dürfen die Injektoren im Betrieb nur sehr geringe Toleranzen im Hinblick auf die Einspritzmenge aufweisen. Diese geforderten geringen Toleranzen können aufgrund der mechanischen Fertigungstoleranzen nicht eingehalten werden. Um dennoch eine definierte Einspritzmenge bei den Injektoren sicherzustellen, werden die Injektoren nach der Fertigung an charakteristischen Arbeitspunkten auf ihre Einspritzmenge vermessen und in Klassen eingeordnet. Die jeweilige Klasse muss im Betrieb dem Motor-Steuergerät bekannt sein, so dass die Steuerung an die speziellen Merkmale der Klasse injektorspezifisch angepasst werden kann.

[0005] Ist eine solche Korrektur der Toleranzen durch das Motor-Steuergerät aufgrund der Kenntnis der Klasse nicht möglich, so müssen die speziellen Injektoren mechanisch nachgearbeitet werden.

[0006] Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, die Klasseninformation auf dem Injektor zu speichern, beispielsweise durch verschiedene Codierungen, wie etwa mittels Barcode, durch Widerstände am Injektor oder durch Klartext auf dem Injektor. Sind die Klasseninformationen durch einen Code auf dem Injektor gespeichert, so werden die Informationen mittels einer Codeerkennung und nachfolgender Programmierung dem Steuergerät übermittelt. Bei Speicherung der Klasseninformation mittels Widerständen an den Injektoren kann die Information automatisch von dem Steuergerät ausgelesen werden. Allerdings sind zusätzliche elektrische Leitungen erforderlich. Die Erkennung von Klartext kann mittels einer Kamera erfolgen.

[0007] Weiterhin ist es möglich, dass in den Injektoren elektronische Speichermöglichkeiten vorgesehen sind, in welchen beispielsweise die Klasseninformation gespeichert ist. Das Steuergerät kann diese Werte über eine Schnittstelle

aus dem Injektor auslesen und im Folgebetrieb nutzen. Bei dieser Lösung ist allerdings nachteilig, dass eine separate Schnittstelle zwischen Steuergerät und den Injektoren erforderlich ist.

[0008] Die Klassierung von Injektoren kann beispielsweise so erfolgen, dass die Injektoren an mehreren Prüfpunkten bezüglich der Einspritzmengenmessung geprüft werden. Liegen die gemessenen Ist-Werte an allen Prüfpunkten innerhalb eines vorbestimmten Toleranzfensters, so wird der Injektor als gut bewertet. Ferner wird der Ist-Wert eines Messpunktes benutzt, um die Injektoren in drei Toleranzklassen einzuteilen. Die Toleranzfenster der jeweiligen Klassen betragen an diesem Prüfpunkt je 1/3 der Gesamttoleranz. Da zwischen den Prüfpunkten nur eine ungenügende Korrelation besteht, ist eine Toleranzeinengung an den übrigen Prüfpunkten nicht möglich. Sind die Injektoren am Motor verbaut, so wird die Klassenzugehörigkeit in das dem Motor zugeordnete Steuergerät einprogrammiert. Das Steuergerät führt dann für die obere und die untere Klasse eine Korrektur der Einspritzmenge entsprechend einem vorbelegten Kennfeld durch. Die mittlere Klasse wird nicht korrigiert. Aufgrund der schlechten Korrelation zwischen den Betriebspunkten beziehungsweise den Prüfpunkten ist die Korrektur nur im Bereich des zur Klassierung verwendeten Prüfpunktes möglich. Im übrigen Betriebsbereich kann allenfalls auf der Basis statistischer Mittelwertsverschiebungen zwischen den Klassen eine geringe Anpassung der Mengenzumessung erfolgen.

## Vorteile der Erfindung

[0009] Die Erfindung bietet den Vorteil, dass die Informationen durch ein Vergleichen von Soll-Werten mit Ist-Werten ermittelt werden und dass die Informationen individuell auf mehrere Prüfpunkte mindestens eines Injektors bezogen sind. Bei den Systemen des Standes der Technik, welche die Klasseninformation ausnutzen, kann das Steuergerät Korrekturen nur auf der Grundlage dieser Klasseninformationen anbringen. Im Gegensatz hierzu erhält das Steuergerät beim System gemäß der Erfindung genaue Informationen über mehrere Prüfpunkte beziehungsweise Betriebspunkte jedes einzelnen Injektors.

[0010] Es besteht die Möglichkeit, dass durch Maßnahmen im Steuergerät individuell für jeden Injektor abhängig von Soll-Menge und Raildruck die Ansteuerdauer gegenüber dem Nominalkennfeld korrigiert wird, um der Soll-Menge möglichst nahe zu kommen. Dazu erhält das Steuergerät beim Einbau je Injektor mehrere, vorzugsweise vier Prüfwerte (VL, EM, LL und VE) aus der Fertigung. Aus diesen Größen wird ein Korrekturmengen-Kennfeld aufgebaut.

[0011] Dazu muss aus den Abweichungen der Einspritzmengen von ihren Soll-Werten von den Prüfwerten (VL, EM, LL und VE) an den vorzugsweise vier Prüfpunkten die Mengenkorrektur für eine Reihe von Druck/Ansteuerkombinationen bestimmt werden. Mit Hilfe dieser Druck/Ansteuerkombinationen wird für jeden Prüfpunkt eine Korrelation der Einspritzmenge zur Einspritzmenge an einem Prüfpunkt festgelegt. Damit kann das Steuergerät bei bekannten Werten für die Mengenabweichungen ( $\Delta VL$ ,  $\Delta EM$ ,  $\Delta LL$  und  $\Delta VE$ ) an den jeweiligen Prüfpunkten das Korrekturmengen-Kennfeld mit Zahlenwerten gefüllt werden.

[0012] Aufgrund der umfangreichen Korrekturmöglichkeiten auf der Grundlage der vorliegenden Erfindung besteht die Möglichkeit, an den vier Fertigungs-Prüfwerten größere Toleranzen zuzulassen und somit die Gutausbringung der Fertigung zu steigern.

[0013] Vorzugsweise sind die Mittel zum Steuern der Injektoren in einem Motor-Steuergerät integriert. Da das Mo-

tor-Steuergerät zum Steuern der Injektoren vorgesehen ist, ist es besonders vorteilhaft, wenn auch die injektorspezifische Steuerung mit der einhergehenden Korrektur von dem Motor-Steuergerät vorgenommen wird.

[0014] Bevorzugt sind die Informationen Korrekturmengen für das Mengenkennfeld des mindestens einen Injektors. Es sind zahlreiche injektorspezifische Informationen denkbar, welche von dem Steuergerät zur injektorspezifischen Steuerung genutzt werden können. Eine besonders zuverlässige Steuerung der Einspritzmenge ergibt sich jedoch dann, wenn das Mengenkennfeld eines jeden Injektors vermessen wird und diese gemessenen Ist-Werte mit Soll-Werten verglichen werden. Aus dem Vergleich lassen sich Korrekturmengen ermitteln, welche dann von dem Steuergerät bei der Steuerung berücksichtigt werden.

[0015] Es kann vorteilhaft sein, dass die Einrichtung zum Speichern von Informationen ein an dem Injektor befestigter Datenspeicher ist. In einem derartigen Datenspeicher kann eine große Anzahl von Daten in bequemer Weise untergebracht werden. Ferner ist es nützlich, dass das Steuergerät durch Auslesen des Datenspeichers direkt die Daten zur weitergehenden Verarbeitung erhalten kann.

[0016] Es kann ebenfalls vorteilhaft sein, dass die Einrichtung zum Speichern von Informationen durch an dem Injektor angeordnete Widerstände realisiert ist. Auch eine solche Codierung der Information bietet die Möglichkeit, die Informationen automatisiert in das Steuergerät einzulesen.

[0017] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die Einrichtung zum Speichern der Informationen durch einen an dem Injektor angebrachten Barcode realisiert ist. Ein solcher Barcode kann eingescannt werden, so dass die Informationen auch bei dieser Lösung dem Steuergerät direkt zur Verfügung stehen.

[0018] Es kann auch möglich sein, dass die Einrichtung zum Speichern von Informationen durch eine alphanumerische Verschlüsselung auf einem Beschriftungsfeld des Injektors realisiert ist. Bei dieser Ausführungsform kann die Programmierung des Steuergerätes manuell erfolgen. Ferner ist es denkbar, dass die alphanumerische Verschlüsselung durch eine Kamera erfasst wird, so dass auf diesem Wege wiederum eine automatische Programmierung des Steuergerätes erfolgen kann.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Einrichtung zum Speichern von Informationen eine an dem Injektor angeordnete integrierte Halbleiterschaltung (IC). Ein solcher IC kann im Kopf eines Injektors integriert werden. Die Daten, welche von dem Steuergerät verwendet werden, sind in dem IC in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegt.

[0020] In diesem Zusammenhang ist es besonders vorteilhaft, dass das Motor-Steuergerät eine integrierte Halbleiterschaltung (IC) aufweist. Mit einer derartigen integrierten Halbleiterschaltung in dem Motor-Steuergerät können die in integrierten Halbleiterschaltungen der Injektoren gespeicherten Informationen verarbeitet werden, so dass letztlich die injektorspezifische Steuerung ermöglicht wird.

[0021] Das System ist dadurch besonders vorteilhaft, dass durch das Vergleichen von Soll-Werten mit Ist-Werten ermittelt wird, ob der Injektor innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches liegt, dass für die innerhalb des vorgegebenen Toleranzbereiches liegenden Injektoren die zu speichernden Informationen ermittelt werden, dass von dem Motor-Steuergerät aus den gespeicherten Informationen ein individuelles Korrekturkennfeld für jeden Injektor berechnet wird und dass die Einspritzmenge und/oder der Einspritzzeitpunkt entsprechend den Korrekturfeldern korrigiert werden. Zunächst wird also durch den Vergleich von Soll-Werten mit Ist-Werten festgestellt, ob der Injektor überhaupt brauchbar ist. Wenn der Injektor einmal mit gut be-

wertet ist, werden wiederum die Soll-Werte und die Ist-Werte verwendet, um Abgleichwerte (Korrekturmengen) festzuhalten. Mit Hilfe dieser Korrekturmengen errechnet dann das Steuergerät, nachdem die Werte in das Steuergerät einprogrammiert wurden, ein individuelles Mengenkorrrekturkennfeld, so dass letztlich eine korrigierte Mengenzumessung von hoher Genauigkeit stattfinden kann.

[0022] Das erfindungsgemäße Verfahren baut auf dem gattungsgemäßen Verfahren dadurch auf, dass die Informationen durch ein Vergleichen von Soll-Werten mit Ist-Werten ermittelt werden und dass die Informationen individuell auf mehrere Prüfpunkte mindestens eines Injektors bezogen sind. Das erfindungsgemäße Verfahren bietet somit die Möglichkeit einer injektorspezifischen Steuerung, welche über die Steuerung auf der Grundlage einer Klassifizierung hinausgeht.

[0023] Das Verfahren lässt sich besonders vorteilhaft einsetzen, wenn zum Steuern der Injektoren ein Motor-Steuergerät verwendet wird. Die Durchführung des Verfahrens lässt sich somit über ein ohnehin in Einspritzsystemen vorhandenes Bauelement realisieren.

[0024] Vorzugsweise werden bei dem Verfahren als Informationen Korrekturmengen der mehreren Prüfpunkte zur Bestimmung des Mengenkorrrekturkennfeldes verwendet. Es sind zahlreiche injektorspezifische Informationen denkbar, welche von dem Steuergerät zur injektorspezifischen Steuerung genutzt werden können.

[0025] Das Mengenkorrrekturkennfeld, das heißt die Beziehung zwischen Einspritzmenge, Raildruck und Ansteuerzeit, bietet jedoch besonders gute Möglichkeiten, Toleranzen durch eine injektorspezifische Steuerung auszugleichen.

[0026] In vorteilhafter Weise ist die Bestimmung mindestens einer Korrekturmenge durch mindestens einen Vergleich des Soll-Wertes mit dem Ist-Wert an den mehreren Prüfpunkten eines Injektors möglich.

[0027] In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Korrekturmenge durch lineare Regression mehrerer Vergleiche der Soll-Werte mit den Ist-Werten an den mehreren Prüfpunkten eines Injektors ermittelt wird.

[0028] Es wird erfindungsgemäß die Korrekturmenge  $\Delta Q_{(n)}$  im Mengenkorrrekturkennfeld MKK aus dem Produkt aus dem Korrekturwert  $KW_{(n)}$  und der aus dem Soll-Wert mit Ist-Wert Vergleich ermittelten Mengenabweichung  $\Delta VE_{Abw.(n)}/\Delta EM_{Abw.(n)}/\Delta VL_{Abw.(n)}/\Delta LL_{Abw.(n)}$  der jeweiligen Prüfpunkte nach der Formel

$$\Delta Q_{(n)} = KW_{(n)} \cdot \Delta VE_{Abw.(n)}$$

$$\Delta Q_{(n)} = KW_{(n)} \cdot \Delta EM_{Abw.(n)}$$

$$\Delta Q_{(n)} = KW_{(n)} \cdot \Delta VL_{Abw.(n)}$$

$$\Delta Q_{(n)} = KW_{(n)} \cdot \Delta LL_{Abw.(n)}$$

berechnet.

[0029] In weiterer bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung stehen bestimmte Prüfpunkte zudem untereinander in Korrelation. Durch Korrelation mehrerer Prüfpunkte können Auswirkungen von Messfehlern der Prüfwerte weiter reduziert werden.

[0030] In weiterer bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung wird die Korrekturmenge durch die lineare Regression mehrerer Vergleiche der Soll-Werte mit den Ist-Werten von mindestens zwei korrelierenden Prüfpunkten eines Injektors an einer Ausgleichsebene ermittelt.

[0031] In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung wird ferner die Korrekturmenge  $\Delta Q_{(n)}$  im Mengenkorrrekturkennfeld MKK für den Fall der Ermittlung der Korrekturwerte  $KW_{(n)}$  an zwei korrelierenden Prüfpunkten eines Injektors an der Ausgleichsebene nach folgender Abhängigkeit berechnet. Die Korrekturmenge  $\Delta Q_{(n)}$  wird dann aus der

Summe aus den Produkten aus dem Korrekturwert ( $KW_{(n)}$ ) und der aus dem Soll-Wert mit Ist-Wert Vergleich ermittelten Mengenabweichung  $\Delta VE_{Abw.(n)}$  beziehungsweise  $\Delta EM_{Abw.(n)}$  der beiden korrelierenden Prüfpunkte nach der Formel

$$\Delta Q_{(1,2)} = KW_{(1)} \cdot \Delta VE_{Abw.(1)} + KW_{(2)} \cdot \Delta EM_{Abw.(2)}$$

berechnet.

[0032] Dabei stellen die Mengenabweichungen  $\Delta VE_{Abw.(1)}$  und  $\Delta EM_{Abw.(2)}$  mit ihren Korrekturwerten  $KW_{(1)}$  und  $KW_{(2)}$  lediglich ein Beispiel zur Berechnung der Korrekturmengen  $\Delta Q_{(1,2)}$  dar. Eine Berechnung der Korrekturmengen  $\Delta Q_{(n)}$  ist grundsätzlich mit beliebig vielen Mengenabweichungen möglich.

[0033] Für das Verfahren gilt weiterhin in vorteilhafter Weise, dass als Maß der Güte der Regression zum Vergleich der Ist-Werte mit den Soll-Werten an der linearen Regressionskurve oder der linearen Ausgleichsebene eine mittlere quadratische Abweichung (RMSE) herangezogen wird. Dabei gilt vorteilhaft, dass im Falle mindestens zweier korrelierender Prüfpunkte beim Vergleich der Soll-Werte die mittlere quadratische Abweichung bei gleichen Messfehlern an der Ausgleichsebene kleiner ist als beim Vergleich der Soll-Werte mit den Ist-Werten an der linearen Regressionskurve.

[0034] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung besteht die Möglichkeit, dass, wenn sehr viele Versuchsdaten von sehr vielen Injektoren vorliegen, die Korrekturmengen durch nicht lineare Verknüpfungen mehrerer Vergleiche der Soll-Werte mit den Ist-Werten von mehreren Prüfpunkten an nicht linearen Regressionskurven und/oder an nicht linearen Ausgleichsebenen ermittelt werden.

[0035] Das Verfahren ist weiterhin besonders dadurch vorteilhaft, dass durch das Vergleichen von Soll-Werten mit Ist-Werten ermittelt wird, ob der Injektor innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches liegt, dass für die innerhalb des vorgegebenen Toleranzbereiches liegenden Injektoren die zu speichernden Informationen ermittelt werden, dass von dem Motor-Steuergerät aus den gespeicherten Informationen ein individuelles Mengenkorrekturfeld für jeden Injektor berechnet wird und dass die Einspritzmenge und/oder der Einspritzzeitpunkt entsprechend den Mengenkorrekturfeldern korrigiert werden.

#### Zeichnungen

[0036] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der zugehörigen Zeichnungen anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0037] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Teils eines Common-Rail-Systems;

[0038] Fig. 2 ein Mengenkorrekturfeld als Diagramm der Abhängigkeit der Einspritzmenge vom Raildruck;

[0039] Fig. 3 ein Diagramm Korrekturmengen bei einem konstanten Raildruck und einer konstanten Einspritzzeit in Abhängigkeit von der Mengenabweichung in einem Prüfpunkt;

[0040] Fig. 4 ein Diagramm Korrekturmengen bei einem konstanten Raildruck und einer konstanten Einspritzzeit in Abhängigkeit von der Mengenabweichung in einem anderen Prüfpunkt und

[0041] Fig. 5 ein Diagramm Korrekturmengen bei einer konstanten Raildruck/Ansteuerkombination und einer konstanten Einspritzzeit in Abhängigkeit von der Mengenabweichung zwischen zwei korrelierenden Prüfpunkten eines Injektors.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0042] In Fig. 1 ist der Hochdruckteil des Speichereinspritzsystems Common-Rail dargestellt. Es werden im Folgenden nur die Hauptkomponenten und solche Komponenten näher erläutert, welche für das Verständnis der vorliegenden Erfindung wesentlich sind. Die Anordnung umfasst eine Hochdruckpumpe 10, welche über eine Hochdruckleitung 12 mit dem Hochdruckspeicher ("Rail") 14 in Verbindung steht. Der Hochdruckspeicher 14 ist über weitere Hochdruckleitungen mit den Injektoren verbunden. In der vorliegenden Darstellung sind eine Hochdruckleitung 16 und ein Injektor 18 gezeigt. Der Injektor 18 ist in den Motor eines Kraftfahrzeugs eingebaut. Das dargestellte System wird von einem Motor-Steuergerät 20 gesteuert. Durch das Motor-Steuergerät 20 erfolgt insbesondere eine Steuerung des Injektors 18.

[0043] An dem Injektor 18 ist eine Einrichtung 22 zum Speichern von Informationen vorgesehen, welche sich individuell auf den Injektor 18 beziehen. Die Informationen, welche in der Einrichtung 22 gespeichert sind, können von dem Motor-Steuergerät 20 berücksichtigt werden, so dass eine individuelle Steuerung eines jeden Injektors 18 erfolgen kann. Vorzugsweise handelt es sich bei den Informationen um Korrekturwerte für das Mengenkennfeld des Injektors 18. Die Einrichtung 22 zum Speichern der Informationen kann als Datenspeicher, als ein oder mehrere elektrische Widerstände, als Barcode, durch alphanumerische Verschlüsselung oder auch durch eine an dem Injektor 18 angeordnete integrierte Halbleiterschaltung realisiert sein. Das Motor-Steuergerät 20 kann ebenfalls eine integrierte Halbleiterschaltung zur Auswertung der in der Einrichtung 22 gespeicherten Informationen aufweisen.

[0044] In Fig. 2 ist ein Diagramm zur Erläuterung der Erfindung dargestellt. Das Diagramm zeigt ein Mengenkorrekturfeld MKK, wobei eine von dem Injektor 18 zugemessene Menge  $M$  gegen einen Raildruck  $p_{\text{Rail}}$  aufgetragen ist. Das Mengenkorrekturfeld MKK beruht auf mehreren Einspritzpunkten (VL, EM, LL, VE). Die Abgleichwerte  $\Delta VL$ ,  $\Delta EM$ ,  $\Delta LL$  und  $\Delta VE$  dienen zur Mengenkorrektur  $M$ , welche durch den Vergleich von Soll-Werten mit Ist-Werten bei verschiedenen Raildrücken  $p_{\text{Rail}}$  an verschiedene Prüfpunkten ermittelt werden. Den Abgleichwerten  $\Delta VL$ ,  $\Delta EM$ ,  $\Delta LL$  und  $\Delta VE$  ist gegebenenfalls ein Korrekturwert  $KW_{(n)}$  zugeordnet. Beispielsweise ist der Einspritzmenge  $M$  an einem Prüfpunkt  $P$  der Abgleichwert  $\Delta EM$  in Abhängigkeit von einem Druck (Raildruck/Ansteuerdauerkombination) der Einspritzung  $EM$  zugeordnet, aus dem eine Korrekturmengen  $AQ_{(n)}$  für das Steuergerät in dem jeweiligen Prüfpunkt bestimmt wird. Die rechnerischen Korrekturmengen  $\Delta Q_{(n)}$  basieren auf den Abgleichwerten, die aus Mengenabweichungen  $\Delta VL_{Abw.(n)}$ ,  $\Delta EM_{Abw.(n)}$ ,  $\Delta LL_{Abw.(n)}$  und  $\Delta VE_{Abw.(n)}$  in den jeweiligen Prüfpunkten ermittelt werden, und den zugehörigen ermittelten Korrekturwerten  $KW_{(n)}$ . In Fig. 2 ist beispielsweise dem Prüfpunkt  $P$   $\Delta EM$  ein Korrekturwert  $KW_{(n)}$  zugeordnet.

[0045] Es ist weiterhin ersichtlich, dass zahlreiche Prüfpunkte  $P$  für einen Injektor 18 vorgesehen sein können, wobei diese sich über den gesamten Betriebsbereich und das Mengenkorrekturfeld MKK ergeben. Zwischen den durch Prüfpunkte  $P$  definierten Stützstellen können die Abgleichwerte auch linear interpoliert werden, so dass letztlich eine zuverlässige Kraftstoffmengenzumessung im gesamten Betriebsbereich erfolgen kann.

[0046] Wie die Bestimmung der Mengenkorrektur  $\Delta Q_{(n)}$  für den jeweiligen Prüfpunkt erfolgt, beschreiben die Fig. 3 bis 5.

[0047] In Fig. 3 ist ein Diagramm der Korrekturmengen

$\Delta Q_{(n)}$  bei einem konstanten Raildruck  $p_{\text{Rail}}$  und einer konstanten Einspritzzeit  $t$  in Abhängigkeit von der Mengenabweichung  $\Delta VE_{\text{Abw.}(n)}$  dargestellt. Fig. 3 zeigt den Prüfpunkt P1 bei dem Raildruck  $p_{\text{Rail}}$  800 bar und der Einspritzzeit  $t = 350 \mu\text{s}$ . Anhand der sich aus den Vergleichen der Soll-Werte mit den Ist-Werten ergebenden Messdaten – in Fig. 3 als schwarze Punkte dargestellt – ergibt sich nach mathematischer linearer Regression eine lineare Regressionskurve 24. Diese verdeutlicht, welche Korrekturmenge  $\Delta Q_{(n)}$  bei einer Abweichung  $\Delta VE_{\text{Abw.}(n)}$  vom Soll-Wert am Prüfpunkt P1 notwendig ist. Der mögliche, zur Berechnung der Korrekturmenge  $\Delta Q_{(n)}$  heranziehbare Korrekturwert  $KW_{(n)}$  ergibt sich aus dem Anstieg der linearen Regressionskurve 24. Für den in Fig. 3 dargestellten Prüfpunkt P1 ergibt sich beispielsweise aus dem Anstieg der Korrekturwert mit 1,6, der zur Ermittlung der Korrekturmenge  $\Delta Q_{(n)}$  als Faktor für die ermittelte Mengenabweichung  $\Delta VE_{\text{Abw.}(n)}$  herangezogen wird. Die Formel dazu lautet:

$$\Delta Q_{(1)} = KW_{(1)} \cdot \Delta VE_{\text{Abw.}(1)}$$

[0048] Fig. 4 zeigt in ein Diagramm die Korrekturmenge  $\Delta Q_{(n)}$  in einem anderen Prüfpunkt P2 bei gleichem Raildruck  $p_{\text{Rail}}$  und gleicher Einspritzzeit  $t$  wie in Fig. 3. Dargestellt ist wiederum die lineare Regressionskurve 24, die sich aus den Vergleichen der Soll-Werte mit den Ist-Werten ergebenden Messdaten – schwarze Punkte – ergibt, wobei als Korrekturwert  $KW_{(n)}$  ein Wert von beispielsweise 0,6 aus dem Anstieg der linearen Regressionskurve 24 resultiert. Eine Berechnung der Korrekturmenge  $\Delta Q_{(n)}$  erfolgt in diesem Prüfpunkt ebenfalls als Produkt aus Korrekturwert  $KW_{(n)}$  und der Mengenabweichung  $\Delta EM_{\text{Abw.}(n)}$  im Prüfpunkt P2 nach der Formel:

$$\Delta Q_{(2)} = KW_{(2)} \cdot \Delta EM_{\text{Abw.}(2)}$$

[0049] Fig. 5 zeigt ein Diagramm der Korrekturmenge  $\Delta Q_{(n)}$  bei gleichem konstanten Raildruck  $p_{\text{Rail}}$  und gleicher konstanter Einspritzzeit  $t$  in Abhängigkeit von der Mengenabweichung wie in den Fig. 3 und 4 aber zwischen zwei korrelierenden Prüfpunkten eines Injektors, beispielsweise P1 und P2. Hierbei sind die zwei korrelierenden Prüfpunkte P1 und P2 an einer durch lineare Regression bestimmten Ausgleichsebene 26 dargestellt. Anhand der dargestellten schwarzen Punkte erkennt man die Basisdaten, die durch Soll-Wert/Ist-Wert Vergleich entstanden sind und für die mathematische Ermittlung einer Ausgleichsebene 26 mittels linearer Regression zugrunde gelegt sind. Die bereits in Fig. 3 und Fig. 4 konstanten beispielhaften Werte für den Raildruck  $p_{\text{Rail}} = 800 \text{ bar}$  und die Einspritzzeit  $t = 350 \mu\text{s}$  sind auch in Fig. 5 beibehalten worden. Aus Fig. 5 ergibt sich ebenfalls eine zu berechnende Korrekturmenge  $\Delta Q_{(n)}$ , die sich aus der Summe aus den Produkten des Korrekturwertes  $KW_{(n)}$  mit der Mengenabweichung  $\Delta VE_{\text{Abw.}(n)}$  beziehungsweise  $\Delta EM_{\text{Abw.}(n)}$  in diesem Fall in den Prüfpunkten P1 und P2 mit

$$\Delta Q_{(1,2)} = KW_{(1)} \cdot \Delta VE_{\text{Abw.}(1)} + KW_{(2)} \cdot \Delta EM_{\text{Abw.}(2)}$$

berechnet wird.

[0050] Durch die Überlagerung von zwei korrelierenden Prüfpunkten P1 und P2 mittels der Ausgleichsebene 26 ergeben sich aus dem Anstieg der Ausgleichsebene 26 entsprechende Korrekturwerte  $KW_{(1)}$  beziehungsweise  $KW_{(2)}$ , die sich von den Korrekturwerten der linearen Regressionskurven – wie in Fig. 3 und 4 erläutert unterscheiden.

[0051] Im Vergleich zu einer mittleren quadratischen Abweichung RMSE der linearen Regressionskurven 24 der

Fig. 3 oder 4 liegt die jeweilige mathematische mittlere quadratische Abweichung RMSE bei einer Berechnung der Korrekturmenge  $\Delta Q_{(1,2)}$  (Fig. 5) niedriger als bei der Berechnung von  $\Delta Q_{(1)}$  beziehungsweise  $\Delta Q_{(2)}$ . Die Berechnung der mittleren quadratischen Abweichung RMSE erfolgt dabei nach den bekannten mathematischen Methoden. [0052] Die erforderliche Korrekturmenge  $\Delta Q_{(1,2)}$  beziehungsweise ihre zugehörigen Korrekturwerte  $KW_{(1)}$  und  $KW_{(2)}$  werden genauer von der zweidimensionalen Ausgleichsebene 26 (Fig. 5) repräsentiert als durch ein eindimensionales Modell mittels linearer Regressionskurven 24. [0053] Für die Mengenabweichung  $\Delta VE_{\text{Abw.}(n)}$  und  $\Delta EM_{\text{Abw.}(n)}$  gilt, dass die Standardabweichung an den linearen Regressionskurven 24 (Fig. 3 und 4) größer sind als die ermittelte Standardabweichung an einer mittels linearer Regression gebildeten Ausgleichsebene 26 (Fig. 5). Eine Berechnung der Standardabweichungen erfolgt dabei ebenfalls nach den bekannten mathematischen Methoden.

[0054] Aus dem Mengenkorrrekturkennfeld MKK – Fig. 2 – können somit Korrekturmengen  $\Delta Q_{(n)}$  aus Basisdaten unterschiedlicher Menge und Qualität vom Steuergerät berechnet werden. Die Korrekturmengen  $\Delta Q_{(n)}$  basieren somit auf verschiedenen Berechnungsmodellen.

[0055] In einem ersten Berechnungsmodell können die Korrekturmengen  $\Delta Q_{(n)}$  auf den Daten eines einfachen Soll-/Ist-Wert Vergleichs in dem jeweiligen Prüfpunkt P des Mengenkorrrekturkennfeldes MKK berechnet werden.

[0056] In einem zweiten Berechnungsmodell können die Korrekturmengen  $\Delta Q_{(n)}$  aus Basisdaten in den jeweiligen Prüfpunkten P1 oder P2 nach dem in Fig. 3 und 4 beschriebenen Verfahren ermittelt werden und in das Mengenkorrrekturkennfeld MKK eingearbeitet und berechnet werden.

[0057] In einem dritten Berechnungsmodell können die Korrekturmengen  $\Delta Q_{(n)}$  aus Basisdaten, die in mindestens zwei verknüpften Prüfpunkten P1 und P2 eines Injektors 18 nach dem in Fig. 5 beschriebenen Verfahren ermittelt wurden, in das Mengenkorrrekturkennfeld MKK eingearbeitet und berechnet werden.

[0058] In einem vierten Berechnungsmodell können die Korrekturmengen  $\Delta Q_{(n)}$  aus Basisdaten in mindestens zwei verknüpften korrelierenden Prüfpunkten P1 und P2 eines Injektors 18 mit einer nichtlinearen Funktion berechnet und in das Mengenkorrrekturkennfeld MKK eingearbeitet werden. Für diesen Fall werden dann jedoch sehr viele Versuchsdaten korrelierender Prüfpunkte P benötigt, um entsprechende nichtlineare Abhängigkeiten zugrunde legen zu können. Diese Möglichkeit ist nicht in den Figuren dargestellt.

[0059] In Abhängigkeit von Menge und Qualität der Basisdaten sind die Genauigkeiten nach der ersten Berechnungsmethode am Geringsten und nach der vierten Berechnungsmethode am Höchsten.

[0060] Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit einer genaueren Einspritzung der Einspritzmenge  $M$  bei Anwendung der Berechnungsmodelle mit der größten Genauigkeit.

[0061] Die vorhergehende Beschreibung der Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung dient nur zu illustrativen Zwecken und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung. Im Rahmen der Erfindung sind verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich, ohne den Umfang der Erfindung sowie ihre Äquivalente zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. System zum Korrigieren des Einspritzverhaltens von mindestens einem Injektor, mit einer Einrichtung (22) zum Speichern von Informationen (18) des mindestens einen Injektors und Mitteln (20) zum Steuern des

mindestens einen Injektors (18) unter Berücksichtigung der gespeicherten Informationen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Informationen durch Vergleichen von Soll-Werten mit Ist-Werten individuell an mehreren Prüfpunkten (P) mindestens eines Injektors (18) ermittelt werden und bezogen sind.

2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Steuern des mindestens eines Injektors in einem Motor-Steuergerät (20) integriert sind.

3. System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Informationen Korrekturmengen ( $\Delta Q_{(n)}$ ) für ein Mengenkorrekturfeld MKK des mindestens einen Injektors (18) sind.

4. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (22) zum Speichern von Informationen ein an dem Injektor (18) befestigter Datenspeicher ist.

5. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (22) zum Speichern von Informationen durch an dem Injektor (18) angeordnete Widerstände realisiert ist.

6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (22) zum Speichern von Informationen durch einen an dem Injektor (18) angebrachten Barcode realisiert ist.

7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (22) zum Speichern von Informationen durch eine alphanumerische Verschlüsselung auf einem Beschriftungsfeld des Injektors (18) realisiert ist.

8. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (22) zum Speichern von Informationen eine an dem Injektor (18) angeordnete integrierte Halbleiterschaltung (IC) ist.

9. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Motor-Steuergerät (20) eine integrierte Halbleiterschaltung (IC) aufweist.

10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass durch das Vergleichen von Soll-Werten mit Ist-Werten ermittelt wird, ob der mindestens eine Injektor (18) innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches liegt,

dass für den innerhalb des Toleranzbereiches liegende mindestens einen Injektor (18) die zu speichernden Informationen ermittelt werden,

dass von dem Motor-Steuergerät (20) aus den gespeicherten Informationen das individuelle Mengenkorrekturfeld (MKK) für den mindestens einen Injektor (18) berechnet wird und

die Einspritzmenge und/oder der Einspritzpunkt entsprechend den Mengenkorrekturfeldern korrigiert werden.

11. Verfahren zum Korrigieren des Einspritzverhaltens von wenigstens einem Injektor mit den Verfahrensschritten

a) Speichern der Informationen über den mindestens einen Injektor (18) und

b) Steuern des mindestens einen Injektors (18) unter Berücksichtigung der gespeicherten Informationen,

dadurch gekennzeichnet, dass die Informationen durch das Vergleichen von Soll-Werten mit den Ist-Werten an individuell mehreren Prüfpunkten (P) mindestens eines Injektors (18) ermittelt werden und bezogen sind.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zum Steuern der Injektoren (18) ein Mo-

tor-Steuergerät (20) verwendet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass als Informationen eine Korrekturmenge ( $\Delta Q_{(n)}$ ) der mehreren Prüfpunkte P für die Bestimmung eines Mengenkorrekturfeldes (MKK) verwendet werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturmengen ( $\Delta Q_{(n)}$ ) durch mindestens einen Vergleich des Soll-Wertes mit dem Ist-Wert an den mehreren Prüfpunkten (P) eines Injektors (18) ermittelt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturmenge ( $\Delta Q_{(n)}$ ) durch lineare Regression mehrerer Vergleiche der Soll-Werte mit den Ist-Werten an den mehreren Prüfpunkten (P) eines Injektors (18) an einer linearen Regressionskurve (26) ermittelt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturmengen ( $\Delta Q_{(n)}$ ) durch die lineare Regression mehrerer Vergleiche der Soll-Werte mit den Ist-Werten von mindestens zwei korrelierenden Prüfpunkten (P) eines Injektors (18) an einer Ausgleichsebene (26) ermittelt werden.

17. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturmenge ( $\Delta Q_{(n)}$ ) im Mengenkorrekturfeld (MKK) aus dem Produkt aus einem Korrekturwert ( $KW_{(n)}$ ) und der aus dem Soll-Wert mit Ist-Wert Vergleich einer ermittelten Mengenabweichung  $\Delta VE_{Abw.(n)} / \Delta EM_{Abw.(n)} / \Delta VL_{Abw.(n)} / \Delta LL_{Abw.(n)}$  der Prüfpunkte (P) nach der Formel

$$\Delta Q_{(n)} = KW_{(n)} \cdot \Delta VE_{Abw.(n)}$$

$$\Delta Q_{(n)} = KW_{(n)} \cdot \Delta EM_{Abw.(n)}$$

$$\Delta Q_{(n)} = KW_{(n)} \cdot \Delta VL_{Abw.(n)}$$

$$\Delta Q_{(n)} = KW_{(n)} \cdot \Delta LL_{Abw.(n)} \text{ berechnet wird.}$$

18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturmenge ( $\Delta Q_{(n)}$ ) im Mengenkorrekturfeld (MKK) die Summe aus den Produkten (P) aus dem Korrekturwerten ( $KW_{(n)}$ ) und der aus dem Soll-Wert mit Ist-Wert Vergleich ermittelten Mengenabweichung ( $\Delta VE_{Abw.(n)}$ ) beziehungsweise ( $\Delta EM_{Abw.(n)}$ ) der beiden korrelierenden Prüfpunkte (P1) und (P2) eines Injektors (18) nach der Formel

$$\Delta Q_{(1,2)} = KW_{(1)} \cdot \Delta VE_{Abw.(1)} + KW_{(2)} \cdot \Delta EM_{Abw.(2)} \text{ berechnet wird.}$$

19. Verfahren nach Anspruch 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, dass als Maß einer Approximation der Vergleiche der Ist-Werte mit den Soll-Werten an der linearen Regressionskurve (24) oder der Ausgleichsebene (26) eine mittlere quadratische Abweichung (RMSE) herangezogen wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass bei dem Vergleich der Soll-Werte mit den Ist-Werten von mindestens zwei korrelierenden Prüfpunkten (P) die mittlere quadratische Abweichung an der Ausgleichsebene (26) kleiner wird.

21. Verfahren nach Anspruch 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, dass durch Vergleich der Soll-Werte mit den Ist-Werten an den Prüfpunkten (P) eine Standardabweichung der Korrekturmenge  $\Delta Q_{(n)}$  an der linearen Regressionskurve (24) oder der Ausgleichsebene (26) ermittelt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Standardabweichung bei gleichen Messfehlern an der Ausgleichsebene (26) kleiner wird.

23. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturmengen ( $\Delta Q_{(n)}$ ) durch nichtlineare Verknüpfungen mehrerer Vergleiche der

Soll-Werte mit den Ist-Werten von mehreren Prüfpunkten (P) des mindestens einen Injektors (18) an nichtlinearen Regressionskurven und/oder nichtlinearen Ausgleichsebenen ermittelt werden.

24. Verfahren nach Anspruch 11 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass

durch das Vergleichen von Soll-Werten mit Ist-Werten ermittelt wird, ob der mindestens eine Injektor (18) innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches liegt, dass für den innerhalb des Toleranzbereiches liegenden mindestens einen Injektor (18) die zu speichernden Informationen ermittelt werden,

dass von dem Motor-Steuergerät (20) aus den gespeicherten Informationen das individuelle Mengenkorrekturkennfeld (MKK) für den mindestens einen Injektor (18) berechnet wird und

die Einspritzmenge und/oder der Binspitzenpunkt entsprechend den Korrekturwerten (KW) der Mengenkorrekturkennfelder (MKK) korrigiert werden.

20

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65



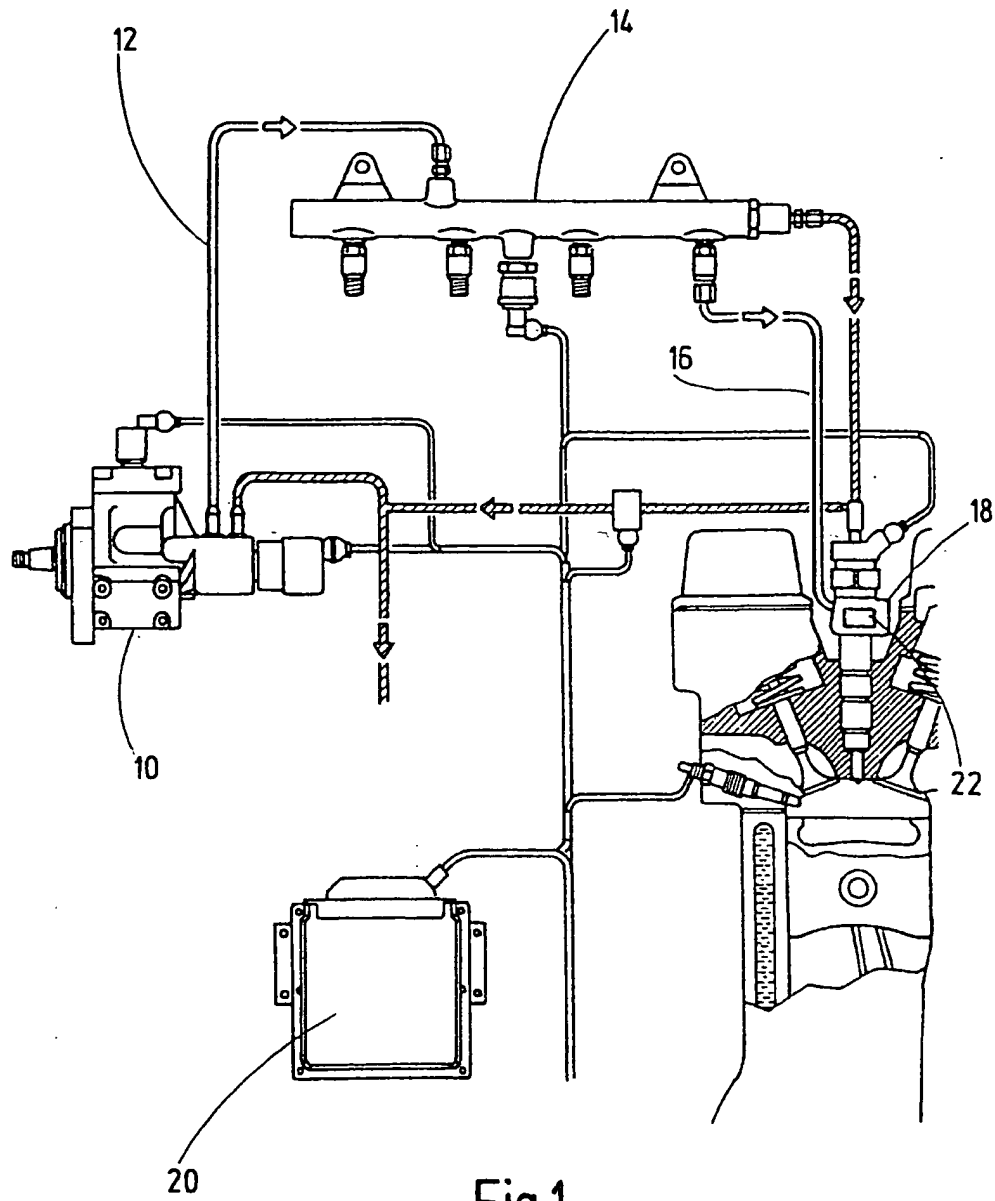


Fig.1

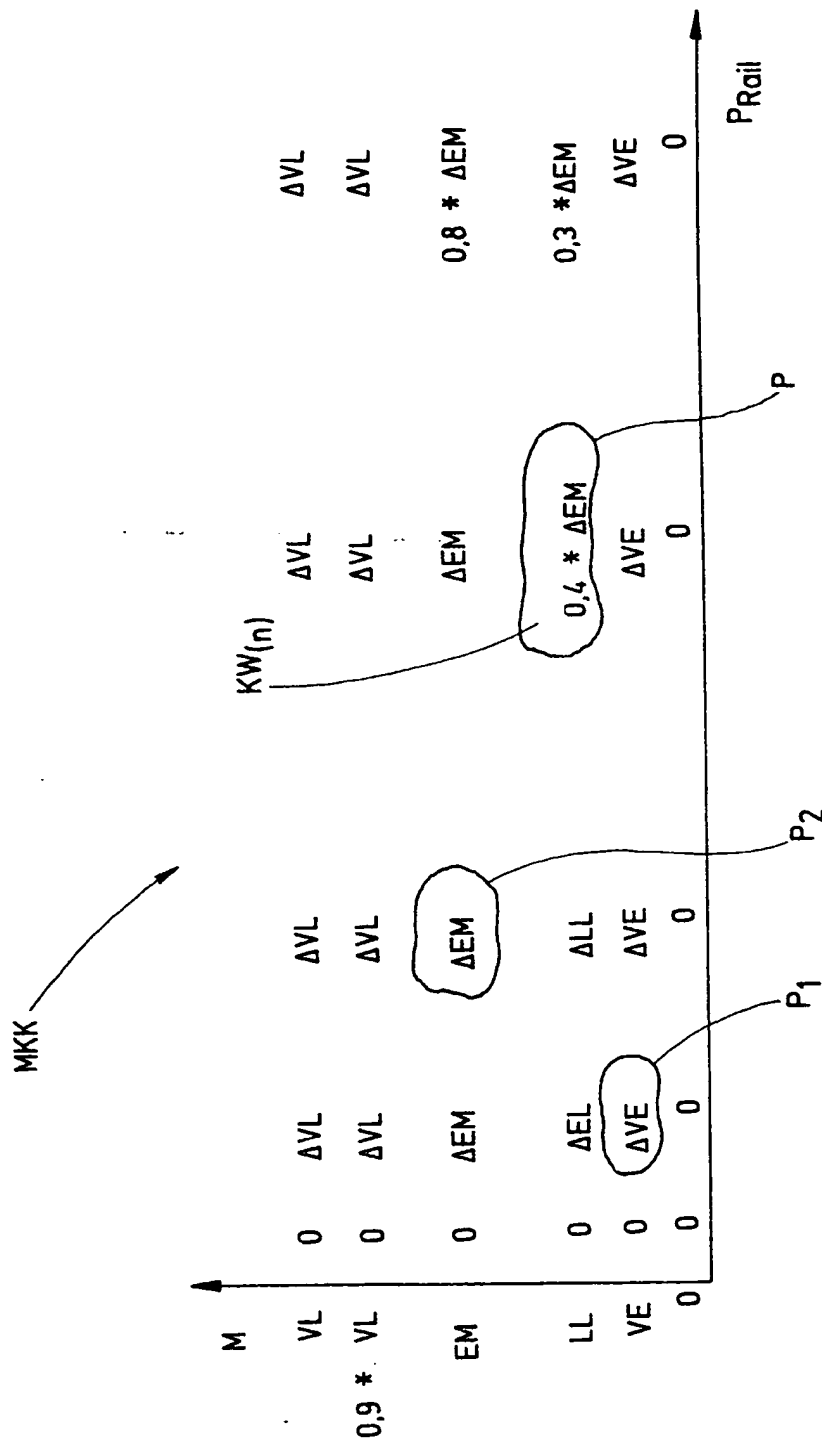


Fig. 2

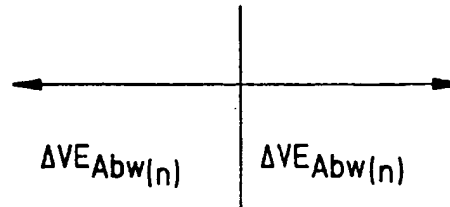
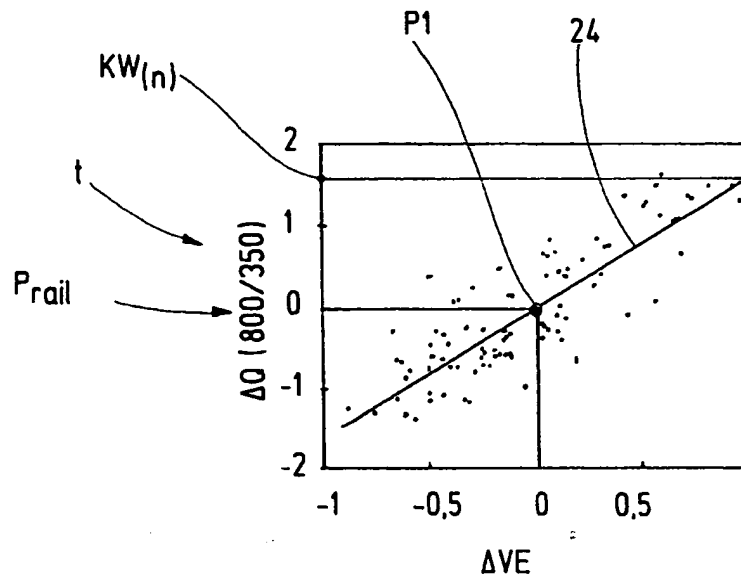


Fig.3

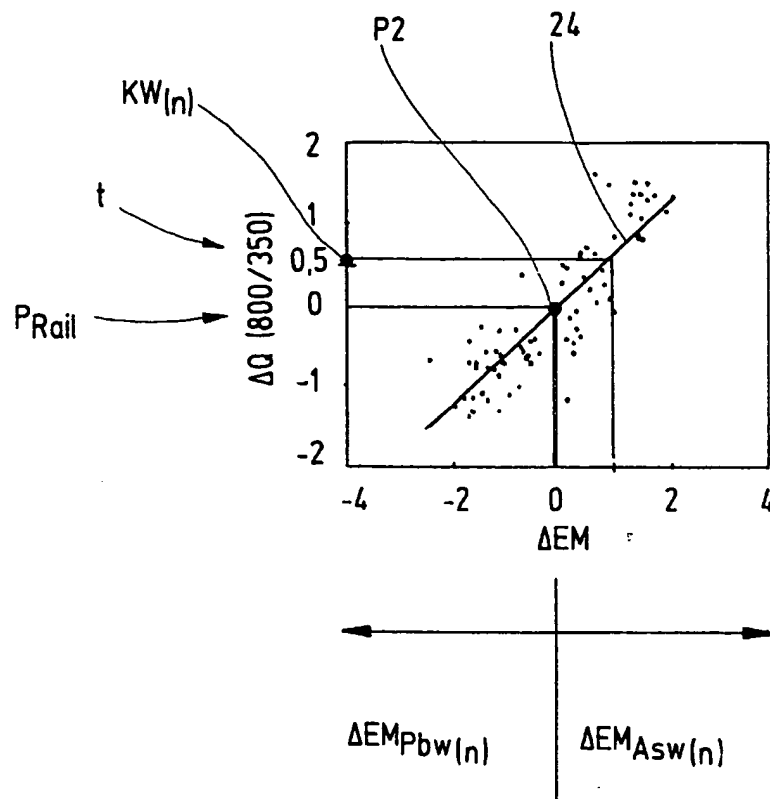


Fig.4

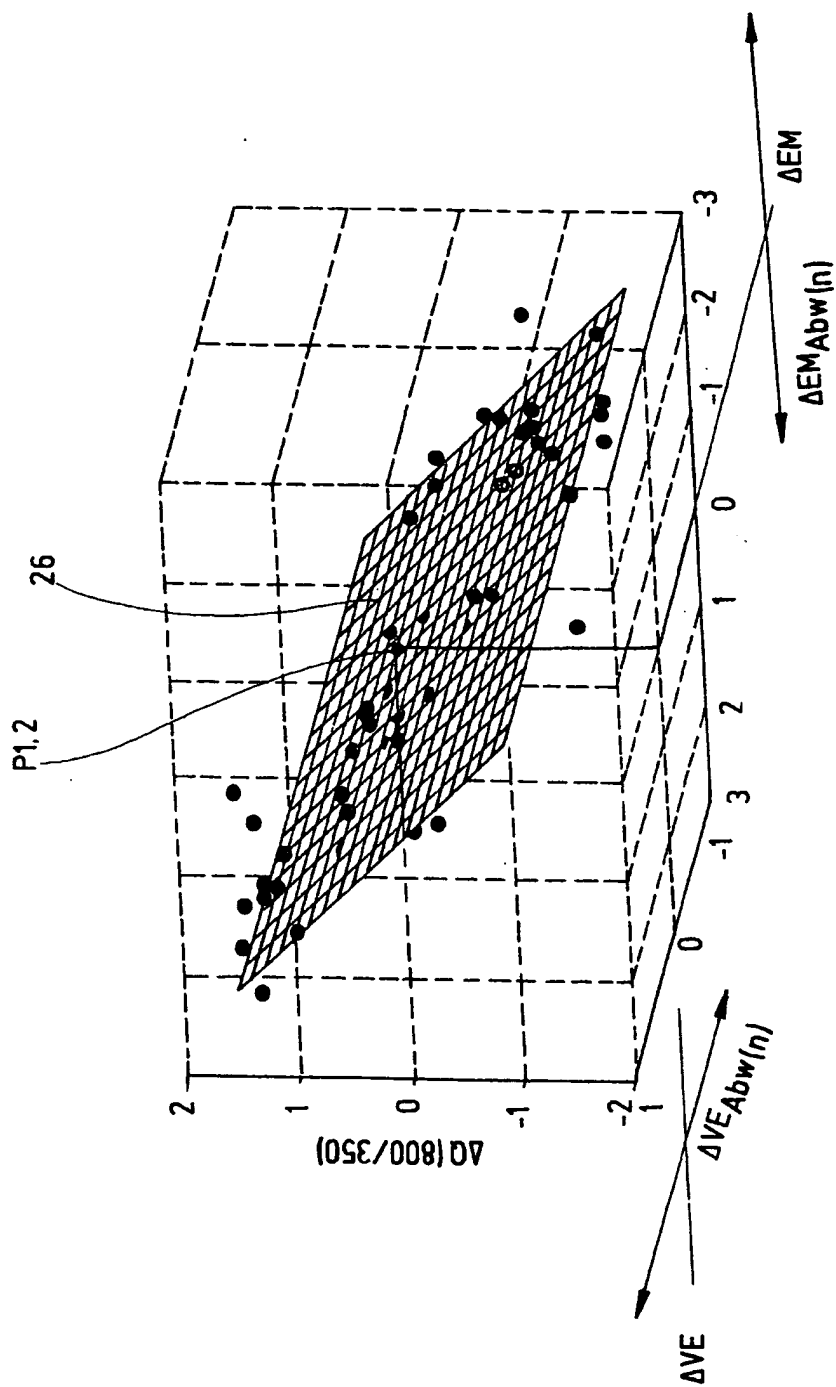


Fig.5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**